

2019 年の南極渦と成層圏突然昇温

山下陽介（海洋研究開発機構）

1. はじめに

冬季の成層圏には極周辺の強い西風で特徴付けられる極渦という低気圧が存在している。通常の極渦は秋季から冬季にかけて強くなり、冬季から夏季にかけて弱くなり夏極の東風に移行する、ゆっくりとした時間変化をしている（図 1 の青線）。北半球では真冬の成層圏が数日の間に数十度も高温になることがあり、成層圏突然昇温と呼ばれている。2 回の冬のうち 1 回程度、極渦が壊れて東風になることがあり、大昇温と呼ばれる。WMO の定義では、北緯 60 度の 10 hPa の高度（30 km 付近）で東風になる場合を大昇温としている。

惑星波というスケールの大きい波（東西方向に 1 万 km 以上のスケールを持った波）があり、対流圏から成層圏に伝播してきて極渦を不安定にすることにより突然昇温現象を引き起こすことが知られている。この惑星波はチベット高原やロッキー山脈などの大規模な起伏や、大陸と海洋の熱的なコントラストにより生成されている。

南半球では、北半球のような大規模な起伏や大陸が少ないため、惑星波の生成は弱く極渦が安定しており、大昇温は起こらないとされてきた。その定説が覆されたのが、2002 年に観測された南半球の大昇温である（図 1 黒実線）。

2019 年には大昇温の基準である東風にまでは至らなかったものの、2002 年よりも早い 8 月末に突然昇温が起こり極渦が弱化した（図 1 赤線）。また 2019

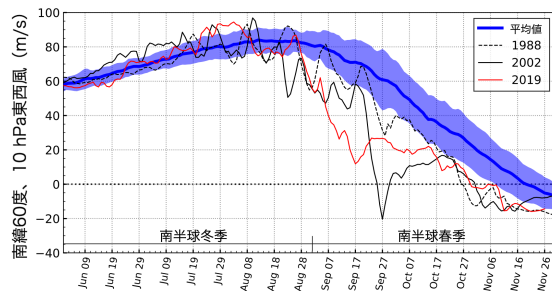


図 1：南極渦強度に相当する南緯 60 度、10 hPa における帯状平均東西風の時間変化（単位は m/s）。青線は 1979～2019 年平均で、陰影は 1 σ の年々変動の範囲を、黒破線は 1988 年、黒実線は 2002 年、赤線は 2019 年の値を表す。JRA-55 客観解析で作成

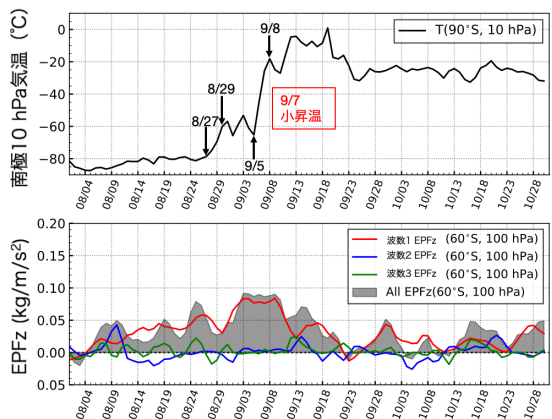


図 2： JRA-55 で作成した 2019 年 8～10 月の（上）南極成層圏 10 hPa の気温（ $^{\circ}\text{C}$ ）と（下）南緯 60 度 100 hPa の惑星波活動（上向き EP flux、 kg/m^2 ）。

年は、9 月 7 日に南極の気温が南緯 60 度よりも高くなる小昇温の基準に達していた。昇温後の極渦は平均よりも弱い状態が続き、夏極の東風に移行する最終昇温は平年より 1 ヶ月程度早い 10 月 30 日に起こった。南半球成層圏データの信頼性が高い 1979 年以降では、同様に小昇温の基準に達していた 1988 年

の最終昇温が最も早い10月27日で(図1黒破線)、今年は2番目の早さとなる。

このように南半球成層圏では、1988年、2002年以来となる珍しい突然昇温現象が今年発生していた。本発表では、今年発生した成層圏突然昇温の概要とその気候への影響を述べる。

2. 2019年の成層圏突然昇温

小昇温に先行する2019年8月末には、南極10 hPaの気温が約 -80°C (8/27)から約 -60°C (8/30)まで数日のうちに上昇していた(図2)。9月には、5日の約 -55°C から8日の約 -20°C への急上昇が起こり(小昇温)、最終的に 0°C にまで到達した。同時期には惑星波のうち東西波数1の活動がおおむね活発であり、昇温に先行してピークが見られる。

普段の南極渦は南極中心に低温、中緯度が高温で綺麗な同心円状の構造をしている。成層圏に伝播した波数1の惑星波は、南極渦を変形して中心を南極から離れた場所に移動させるため、中緯度側に低温域、南極付近に高温域が入り込む(図3)。このように、2019年の南半球突然昇温は、波数1の惑星波が引き起こしていた。

同時期の対流圏では、南米の西側でブロッキングが発生しており、その場所から成層圏に向かって惑星波が伝播している(図略)。ブロッキング付近から成層圏に伝播する特徴は2002年

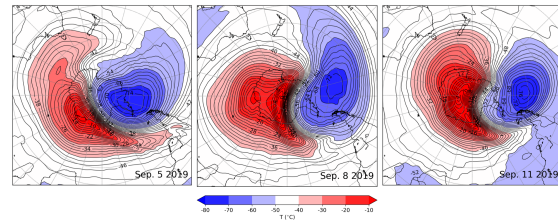


図3 JRA-55の南半球10 hPa気温の水平分布(等値線)。左：昇温前の9月5日と昇温後の中：9月8日、右：9月11日。

(Nishii and Nakamura 2004)と類似する。

成層圏突然昇温により南極付近の気温が上昇すると、オゾン破壊を促進する極成層圏雲(PSC)の形成が進まない。そのため2019年は、オゾンホール面積が拡大する9~10月頃のオゾン量が多く、面積は例年の半分程度であった。

気温上昇の影響は徐々に下方にも現れてくる。対流圏に到達した場合が負の南極振動(AAO)に対応し、下方伝播により10月後半以降継続する負のAAOが引き起こされた可能性がある。詳細については発表時に述べる。

3. まとめ

今年の8月末に発生した南半球の成層圏突然昇温の概要を述べた。9月7日には小昇温の基準に達し、極渦が弱いまま最終昇温に至った。その時期は、1979年以降で2番目に早い10月30日であった。また突然昇温は南極オゾン量の増加も伴い、対流圏のAAOにも影響を及ぼしていた可能性がある。

参考文献

Nishii, K., and H. Nakamura (2004): Tropospheric influence on the diminished Antarctic ozone hole in September 2002. *Geophys. Res. Lett.*, **31**, L16103, doi:10.1029/2004GL019532.

著者連絡先：山下陽介, 〒236-0001 横浜市金沢区昭和町 3173-25.

Tel: 045-778-5718; E-mail: yyousuke@jamstec.go.jp